

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-165

**ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ВАНАДИЕМ НА МИКРОСТРУКТУРУ И
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ СТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ 3D-ПЕЧАТИ**

Реунова К.А., Астафурова Е.Г., Астафуров С.В., Мельников Е.В., Панченко М.Ю.,
Москвина В.А., Майер Г.Г., Рубцов В.Е., Колубаев Е.А.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Методами рентгеноструктурного анализа, оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии, одноосного растяжения было исследовано влияние ванадия на фазовый состав, параметр кристаллической решетки, микроструктуру и механические свойства высокоазотистой стали, полученной методом проволочного электронно-лучевого аддитивного производства (ЭЛАП). Для аддитивного производства заготовок (стенок) были выбраны стали следующего состава: Fe-20,7Cr-22,2Mn-0,3Ni-0,6Si-0,15C-0,53N (BAC-0V, масс. %) и Fe-21,6Cr-25,7Mn-1,4V-0,69C-1,18N (BAC-1,4V масс. %). Из полученных стенок были вырезаны образцы в форме двойных лопаток с размерами рабочей части 1,25×2,7×12 мм, которые в случае BAC-0V были ориентированы вдоль и поперек направления роста, а у BAC-1,4V ось растяжения совпадала с направлением осаждения слоев. Испытания на одноосное растяжение проводились при комнатной температуре с начальной скоростью деформации $5 \times 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Для сравнения с аддитивно-полученным материалом (ЭЛАП-образцы) были исследованы образцы литой стали, подвергнутой горячей прокатке и закалке от температуры 1200°C, которые использовались в качестве сырья для формирования образцов, методом ЭЛАП (далее – литое состояние).

Исследование микроструктуры сталей показало, что исходные образцы BAC-0V (литые) обладают преимущественно аустенитной структурой и содержат небольшое количество δ -феррита (около 20 %), наличие которого обусловлено высокой концентрацией атомов хрома в составе стали. За счет более высокой концентрации марганца, азота и углерода, образцы литой стали BAC-1,4V не содержали феррита, но легирование ванадием способствует формированию карбонитридов на основе ванадия и хрома. После ЭЛАП-процесса в образцах стали BAC-0V качественно элементный состав сохраняется, но наблюдается существенное обеднение по марганцу. При этом в ходе получения заготовки не наблюдается снижения объемного содержания азота в образцах. Происходит формирование двухфазной аустенит-ферритной структуры с почти равным соотношением фаз и параметрами кристаллической решетки 0,362 нм и 0,287 нм для аустенита и феррита соответственно. В случае ЭЛАП-обработки образцов BAC-1,4V, они обладают аустенитной структурой с параметром кристаллической решетки 0,363 нм, которая содержит большое количество карбонитридов и интерметаллидную фазу. Частицы имеют крупную (до 5 мкм), неправильную форму и располагаются неравномерно как в теле зерна, так и по границам зерен. Результаты микроструктурных исследований, полученные методом сканирующей электронной микроскопии, показывают, что BAC-0V и BAC-1,4V образцы имеют дендритную морфологию со столбчатыми зёрнами аустенита.

Результаты испытаний на одноосное растяжение показали, что в исходном состоянии и после ЭЛАП-процесса образцы BAC-0V (литая) демонстрируют сопоставимые механические свойства, а также обладают хорошей пластичностью (до 40%). После ЭЛАП-процесса сталь BAC-0V характеризуется анизотропией свойств, при этом образцы заготовок, вырезанные вдоль направления роста стенки, имеют самые низкие механические свойства. Для стали с ванадием, после аддитивного роста величина удлинения до разрушения резко падает до 2 % (25 % для литой стали), что обусловлено наличием хрупкой интерметаллидной фазы после аддитивного роста, но ее прочностные свойства остаются высокими за счет сильного твердорастворного упрочнения аустенитной фазы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект номер FWRW-2019-0030.